



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - **EMBRAPA**

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CPATSA

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA - MARA

COORDENADORA DE TRANSFERÊNCIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CTA

SETOR DE TREINAMENTO - ST

FUNDAMENTOS DE MANEJO DE ÁGUA EM HORTALIÇAS



Clemente Ribeiro dos Santos
M.Sc., Irrigação
CPATSA-EMBRAPA

Fundamentos de manejo de água
1992 FL - 02358



34378-1

NOVEMBRO/1992

1. INTRODUÇÃO

O uso pouco racional da água de irrigação tem provocado a formação de lençol freático que se aproxima da superfície do solo em lugares e épocas determinadas, criando condições impróprias ou desvantajosas para o desenvolvimento das culturas, limitando sua produtividade e deteriorando sua qualidade.

O excesso de água de irrigação tem seus aspectos negativos que se resumem principalmente na lavagem de nutrientes solúveis, altos custos de energia para recalque de água, além de dar origem a problemas de má drenagem e consequentemente de salinidade.

A necessidade de água pela planta está associada a seu estágio de crescimento e às condições do clima. As plantas apresentam uma faixa de tolerância relativa a conteúdo de umidade no solo. Desse modo tanto a escassez como o excesso de água afetam negativamente a produtividade das culturas.

2. NÍVEIS CRÍTICOS DE UMIDADE NO SOLO

É muito importante estabelecer o nível crítico de umidade até o qual a redução do teor de água do solo não causa efeitos danosos sobre a produtividade agrícola. Tal informação depende do tipo de cultura e de uma série de parâmetros de clima e de solo, locais, que deverão ser obtidos em trabalhos experimentais.

A seguir são apresentados os valores de potenciais matriciais críticos (Ψ_c) para as culturas objetos deste curso:

1. Cebola com Ψ_c variando de - 0,45 a - 0,65 bar;
2. Melão/melancia, Ψ_c variando de - 0,30 a - 0,80 bar;
3. Tomate industrial, Ψ_c variando de - 0,30 a - 1,50 bar;

A Tabela 1a mostra períodos críticos ao déficit de umidade do solo para algumas hortaliças.

3. MANEJO DE ÁGUA NO SOLO

Usando-se o valor do potencial matricial crítico e obtem-se, na curva característica do solo local, o correspondente teor de umidade crítico.

Como exemplo, vejamos a cultura do tomate industrial cultivada nas condições de solo da área experimental da Fazenda FRUTIVALE.

- Vertissolo de Mandacaru, profundidade sistema radicular para irrigação e adubação de 30 a 40 cm, densidade aparente média camada 00 - 30 de 1,65 g/cm³, a curva característica de água no solo apresentada na Figura 1 e 2. A Figura 3 refere-se ao Latossolo 37AB.

O cálculo da lâmina será feito com o uso da fórmula:

$$hl = \frac{cc - uc}{10} \times d_a \times h, \text{ sendo eq. (01)}$$

hl = lâmina hídrica líquida em mm;

cc = capacidade de campo do solo em %, equivalente ao teor de umidade de a 0,2 bar na curva;

uc = umidade crítica para o tomate, em % referente a -0,80 bar, na Figura 1;

d_a = densidade aparente da camada do solo, g/cm³;

h = profundidade que deve ser irrigada, em cm.

Logo, na amostra 01 considerando as duas camadas para efeito de cálculo, 00 a 20cm e 20 a 40cm, teremos:

$$hl_1 = \frac{26,0 - 19,3}{10} \times 1,65 \times 20\text{cm} = 22,11\text{mm}$$

$$hl_2 = \frac{25,3 - 20,2}{10} \times 1,64 \times 20\text{cm} = 16,73\text{mm}$$

$$hl = hl_1 + hl_2 = 22,11 + 16,73 = 38,84\text{mm}$$

A lâmina de água disponível no solo será então calculada por:

$$hd = \frac{cc - pmp}{10} \times d_a \times h \quad \text{eq. (02)}$$

Sendo:

cc e pmp a média aritmética, calculada pelo gráfico da Figura 1a, por exemplo:

cc = 26 e 25,3% e pmp = 13,5 e 14,5% respectivamente para as duas profundidades consideradas.

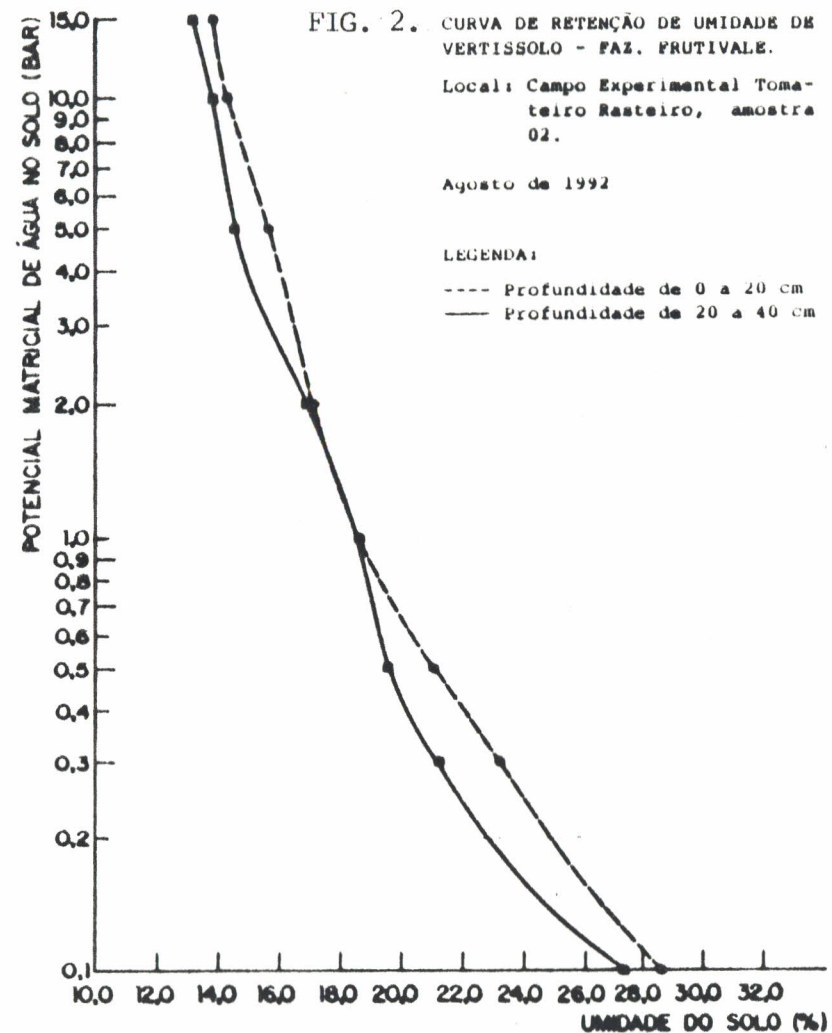
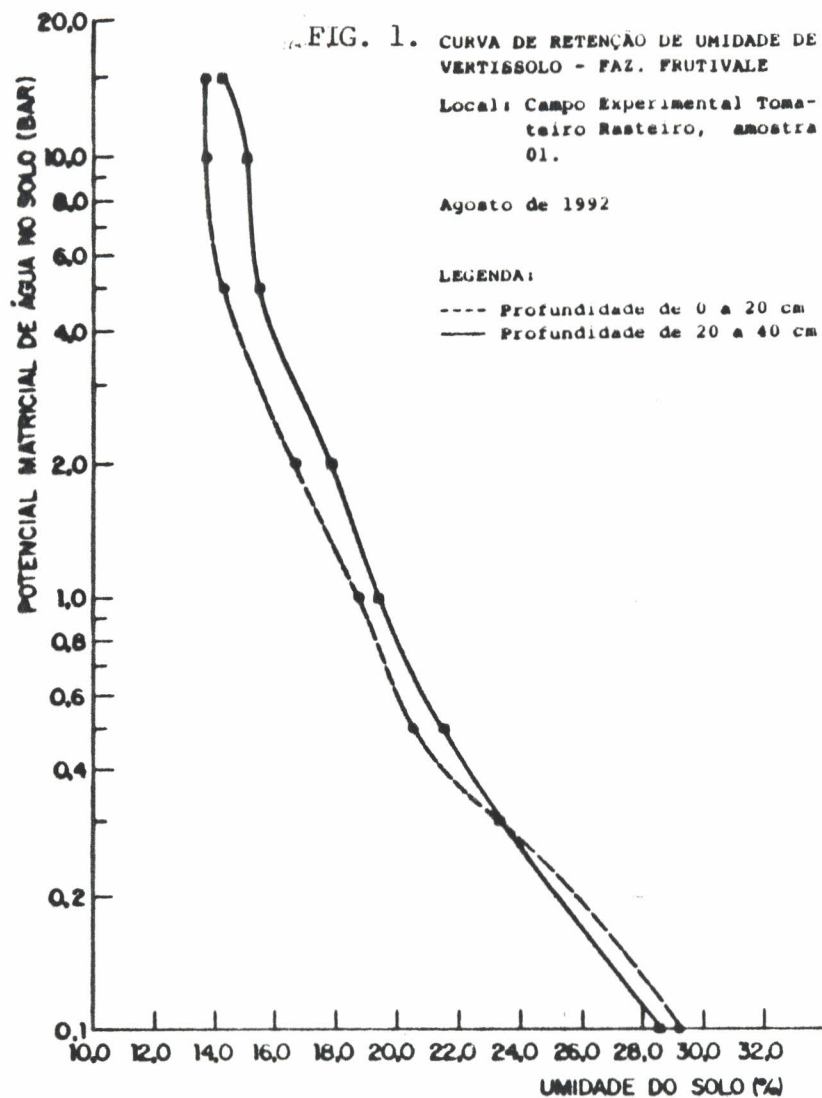
Voltando a equação 02,

$$hd_1 = \frac{26,0 - 13,50}{10} \times 1,65 \times 20 = 41,25\text{mm}$$

$$hd_2 = \frac{25,3 - 14,5}{10} \times 1,64 \times 20 = 35,42\text{mm}$$

A fração de água a ser consumida é dada pela equação:

$$hd_c = hd \times f \quad \text{eq. (2a)}$$



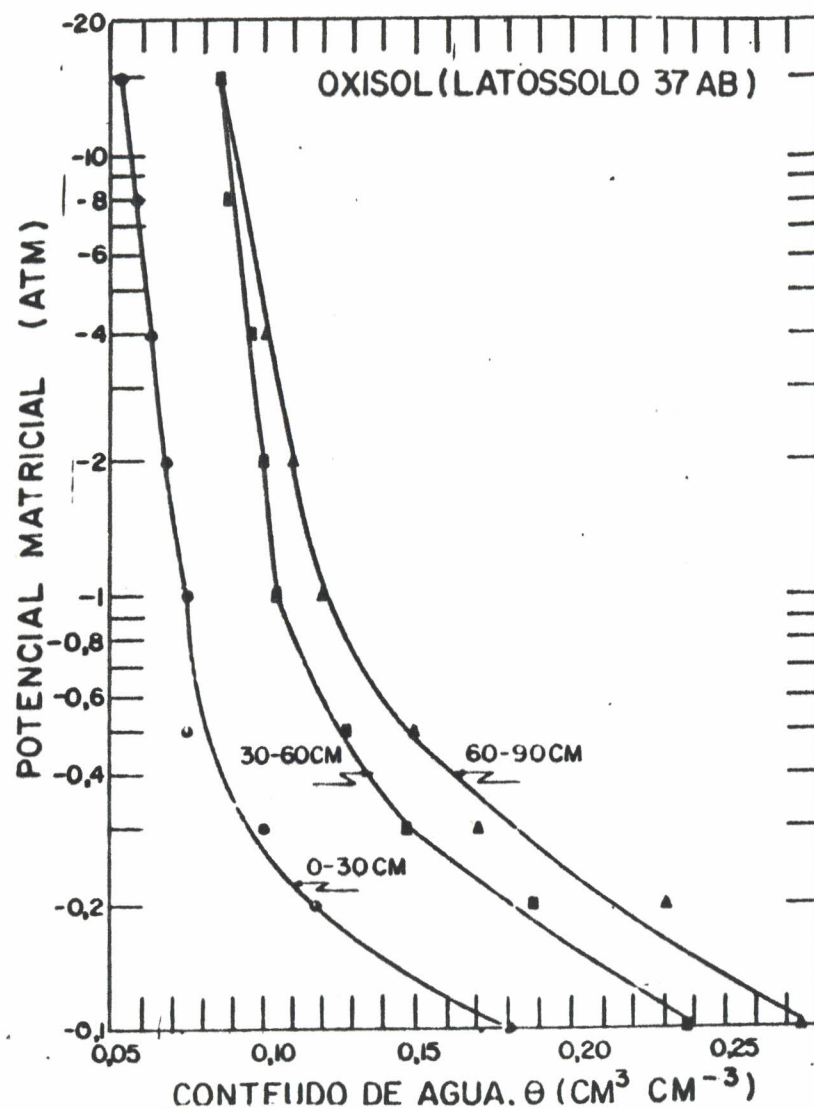


FIG. 3. Curva de retenção de água do solo da Unidade 37 AB

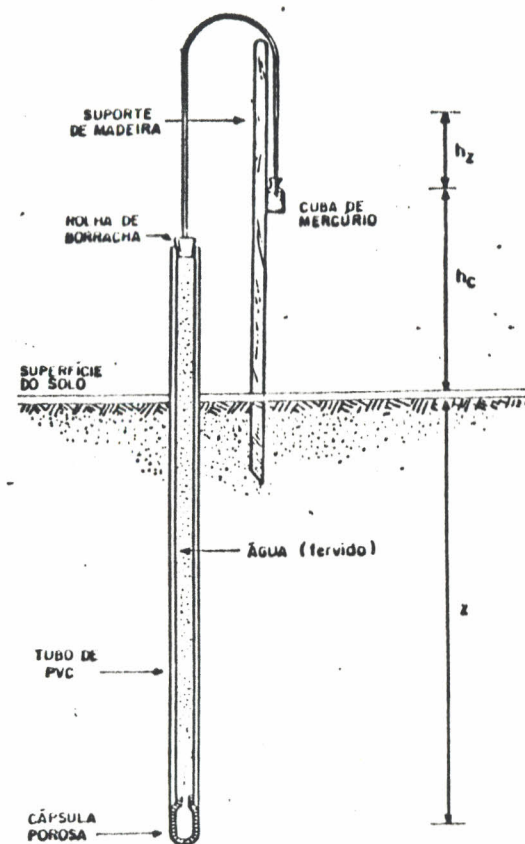


FIGURA 4 - Corte longitudinal de um tensiômetro instalado no solo. h_z = altura da coluna de mercúrio; h_c = distância do nível de mercúrio na cuba à superfície do solo e z = profundidade de instalação.

MARA EMBRAPA

O uso de tensiômetros pode auxiliar no controle de irrigação principalmente em projetos de irrigação por gotejamento e aspersão automatizados. Adapta-se bem em solos onde a maior parte da água disponível está retida a tensões inferiores a - 0,8 bar.

Cada tensiômetro deve possuir uma cuba de mercúrio individual, a 15cm da superfície do solo (ver esquema na Figura 2). A partir das leituras realizadas nos tensiômetros pode-se calcular o potencial matricial (Ψ_m) de água no solo, pela fórmula:

$$(\Psi_m) = - 12,6 h_z + h_c + z \quad \text{eq. (03)}$$

onde:

h_z = leitura da coluna de mercúrio, do manômetro conectado ao tensiômetro (cm de Hg);

h_c = altura do nível de mercúrio na cuba em relação à superfície do solo (cm);

z = profundidade de instalação do tensiômetro (cm).

Suponhamos que a leitura da coluna de mercúrio do manômetro conectado ao tensiômetro instalado a profundidade de 30cm tenha acusado o valor de $h_z = 22\text{cm de hg}$.

Teremos então:

$$\Psi_m = - 12,6 h_z + h_c + z$$

Sendo:

$$h_c = 15\text{cm} \quad \text{e} \quad z = 30\text{cm}$$

$$\Psi_m = - 12,6 \times 22 + 15 + 30 =$$

$$\Psi_m = 232,2\text{cm de hg} = 3,09 \text{ bar}$$

Na respectiva curva de retenção de umidade do solo o valor $\Psi_m = 3,09 \text{ bar}$ equivale a um valor de θ igual a aproximadamente $0,065 \text{ cm}^3, \text{ cm}^{-3}$. (Figura 3).

A lâmina de água disponível indica a quantidade máxima de água que o solo pode armazenar. A reserva de água no solo indica a quantidade mínima de água que o solo deve conter a fim de garantir a sobrevivência das plantas.

A equação de armazenamento de água para o referido solo é definida por:

$$A_z = \theta \times d_a \times z \quad \text{eq. (04)}$$

TABELA 1. Ficha de controle climatológico de Irrigação (Tanque Classe A).

Período (dias)	Vento ¹ (km/dia)	UR ² %	K _p ³	E _{ca} ⁴ (mm)	ET _o ⁵ (mm)	K _c ⁶	ET _r ⁷ (mm)	P. Efec. ⁸ (mm)	Valor ⁹ P	P. rad. ¹⁰ (cm)	Res. de ¹¹ água (cm)	Irrigação ¹² (mm)
13 a 18.05	184,31	50	0,70	47,00	35,50	0,45	15,89	9,80	0,61	0 - 20		
19 a 22.05	179,79	49	0,70	37,50	26,25	0,45	11,81	0	0,58	0 - 20		
23 a 29.05	196,73	54	0,70	54,37	38,06	0,45	17,13	0	0,62	0 - 30		
30 a 05.06	201,95	56	0,70	50,38	35,27	0,75	26,45	0	0,51	0 - 30		
06 a 12.06	204,40	59	0,70	51,20	35,84	0,75	26,88	0	0,50	0 - 40		
13 a 19.06	274,50	57	0,70	52,20	36,54	0,75	27,41	0	0,50	0 - 40		
20 a 26.06	256,43	59	0,70	50,20	35,14	0,75	26,36	0	0,51	0 - 40		
27 a 03.07	218,49	56	0,70	54,50	38,15	1,15	43,87	0	0,36	0 - 40		
04 a 10.07	245,87	61	0,70	48,80	34,16	1,15	39,28	0	0,36	0 - 40		
11 a 17.07	272,70	60	0,70	54,20	37,94	1,15	43,63	0	0,32	0 - 40		
18 a 24.07	266,31	63	0,70	54,20	37,94	1,10	41,73	14,20	0,32	0 - 40		
25 a 31.07	266,91	65	0,70	45,30	31,71	1,10	34,88	0	0,40	0 - 40		
01 a 07.08	287,82	56	0,70	59,50	38,15	0,65	24,80	0	0,52	0 - 40		
08 a 14.08	269,44	56	0,70	60,40	42,28	0,65	27,48	0	0,50	0 - 40		
15 a 21.08	293,93	54	0,70	63,80	44,66	0,60	26,80	0	0,50	0 - 40		
22 a 28.08	243,93	47	0,70	76,00	53,20	0,60	31,92	0	0,44	0 - 40		

LEGENDA:

¹ A 2cm de altura do solo, média do período; ² Média do período; ³ Coeficiente do Tanque, variando conforme Tabela 2; ⁴ Em mm, refere-se à evaporação do Tanque Classe A no período considerado; ⁵ Corresponde ao produto $E_{ca} \times K_p$, em cada período; ⁶ Valores de coeficiente de cultivo obtido, em função da época de plantio e do período em referência (Tabela 5); ⁷ Calculado conforme a relação: $ET_r = ET_o \times K_c$ (eq. 05); ⁸ Precipitação efetiva pelo método de Blaney-Criddle; ⁹ Fração de água disponível a consumir; ¹⁰ Profundidade Sistema Radicular cm; ¹¹ Reserva de água (mm) - calculado conforme a diferença entre a capacidade de água disponível e a fração a consumir; ¹² Em mm, variando conforme desenvolvimento da planta.

TABELA 1a. Períodos críticos ao déficit de umidade do solo,
para algumas hortaliças.

Hortaliça	Períodos críticos
Alface	Particularmente antes da colheita
Batata	Floração e tuberação
Beterraba	Durante os primeiros 60 dias
Brócolo	Formação da inflorescência
Cebola	Desenvolvimento do bulbo
Cenoura	Especialmente durante os primeiros 40 dias
Couve-flor	Formação da inflorescência
Ervilha	Floração e enchimento de vagens
Lentilha	Floração e enchimento de vagens
Melancia	Florescimento até a colheita
Melão	Florescimento até a colheita
Milho-doce	Florescimento e formação de grãos
Morango	Desenvolvimento do fruto à maturação
Nabo	Desenvolvimento das raízes até a colheita
Pepino	Florescimento até a colheita
Pimentão	Formação e desenvolvimento de frutos
Rabanete	Desenvolvimento das raízes
Repolho	Formação e desenvolvimento da cabeça
Tomate	Formação e desenvolvimento de frutos

Fonte: Adaptado de Doorenbos & Pruitt (1977) e Withers & Vipond (1977).

MARA EMBRAPA

Tabela 2. Valores do coeficiente de conversão do Tanque Classe A (K_p) para estimativa da evapotranspiração de referência, ETo .

		Exposição A Tanque circundado por grama			Exposição B Tanque circundado por solo nu		
UR% (média)		Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%	Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%
Vento (km/dia)	Posição do tanque R(m)*				Posição do tanque R(m)*		
Leve <175	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60
Moderado 175-425	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55
Forte 425-700	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45
Muito forte >700	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40

Food and Agriculture Organization (F.A.O.)

OBS: Para extensas áreas de solo nu reduzir os valores de K_p em 20% em condições de alta temperatura e vento forte, e de 10 a 5% em condições de temperatura, vento e umidade moderados.

* Por R(m) entende-se como a menor distância (expressa em metros) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

Tabela 3. Grupos de plantas de acordo com a fração de água disponível a consumir.

Grupo	
1	Cebola, pimenta, beteta
2	Banana, couve, uva, ervilha, tomate
3	Alfafa, feijão, citrus, amendoim, abacaxi, girassol
4	Beterraba açucareira, cana-de-açúcar, tabaco

Tabela 4. Fração de água disponível a consumir (p) para os grupos de plantas e evapotranspiração máxima (ETm).

Grupo de plantas	ETm (mm/dia)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,425	0,35	0,35	0,30	0,225	0,20	0,20	0,175
2	0,675	0,575	0,475	0,40	0,325	0,325	0,275	0,25	0,225
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,425	0,375	0,35	0,30
4	0,875	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,425	0,40

TABELA 5. Coeficiente de cultura (Kc) em diferentes estádios de desenvolvimento, em função da umidade relativa e velocidade do vento, para diversas hortaliças.

Hortaliça	Estádios de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Abóbora	0,40-0,50*	0,65-0,75*	0,90-1,00	0,70-0,80
Aipo	0,30-0,50*	0,70-0,85*	1,00-1,15	0,90-1,05
Alcachofra	0,30-0,50*	0,65-0,75*	0,95-1,05	0,90-1,00
Alface	0,40-0,50*	0,70-0,80*	0,95-1,05	0,90-1,00
Batata	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,20	0,70-0,75
Berinjela	0,30-0,50*	0,70-0,80*	0,95-1,10	0,80-0,90
Beterraba	0,40-0,50	0,75-0,85	1,05-1,20	0,60-0,70
Brássicas**	0,40-0,50*	0,70-0,80*	0,95-1,10	0,80-0,95
Cebola	0,40-0,60	0,70-0,80	0,95-1,10	0,75-0,85
Cenoura	0,30-0,50*	0,70-0,85*	1,00-1,15	0,70-0,85
Ervilha	0,40-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	0,25-0,30
Ervilha-verde	0,40-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	0,95-1,10
Espinafre	0,40-0,50*	0,70-0,80*	0,95-1,05	0,90-1,00
Lentilha	0,40-0,50*	0,75-0,85*	1,05-1,15	0,25-0,30
Melancia	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,05	0,65-0,75
Melão	0,40-0,50*	0,70-0,80*	0,95-1,05	0,65-0,75
Milho-doce	0,30-0,50	0,70-0,90	1,05-1,20	0,95-1,10
Pepino	0,40-0,50*	0,65-0,75*	0,90-1,00	0,70-0,80
Pimentão	0,30-0,40	0,60-0,65	0,95-1,10	0,80-0,90
Rabanete	0,30-0,40*	0,55-0,65*	0,80-0,90	0,75-0,85
Repolho	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,10	0,80-0,95
Tomate	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,60-0,65
Vagem	0,30-0,40	0,65-0,75	0,95-1,05	0,85-0,90

Primeiro número: sob alta umidade ($UR_{min} > 70\%$) e vento fraco ($V < 5$ m/s).

Segundo número: sob baixa umidade ($UR_{min} < 20\%$) e vento forte ($V > 5$ m/s).

* Valores adaptados pelos autores.

** Brócolo, couve-flor, couve-de-bruxelas etc.

Fonte: Adaptado de Doorenbos & Pruitt (1977) e Doorenbos e Kassan (1979).

Sendo:

A_z = armazenamento de água no perfil (cm);
 θ = conteúdo de água (cm^3 , cm^{-3})
 z = profundidade do perfil, cm
 $\bar{\rho}_a$ = densidade aparente cm g/cm^3 , de camada

Normalmente o número de tensiômetros por bateria, varia em função da profundidade das raízes da planta e do método de irrigação. Em plantas com sistema radicular de até 40cm, como é o caso de cebola, melão, melancia e tomate industrial, geralmente instala-se apenas um tensiômetro mais ou menos na metade da profundidade efetiva das raízes. Para aspersão convencional ou em sistema fixo 1 bateria de tensiômetro a duas profundidades é o suficiente. A leitura do primeiro tensiômetro indica a hora certa de começar a irrigação. O segundo tensiômetro funcionará como indicador das condições de água perdida por percolação no perfil do solo.

A título de sugestão apresentamos a Tabela 2 com algumas indicações sobre o uso do tensiômetro e a hora de irrigar.

TABELA 2. Indicações da utilidade do tensiômetro.

Cultura	Prof. raízes	Período crítico	Nº tensiômetro p/ local obs.	Prof. de inst. ten. 1, tens. 2	Momento irrigar per. crit. (cm h_g)
Cebola	25 a 30	desenvolvimento bulbo	1	30	40
Melão	25 a 28	Floração à colheita	1	15	25
Melancia	35 a 40	Floração à colheita	2	15 e 30	30
Tomate	35 a 40	Florescimento a formação de frutinhos	2	15 e 30	25

Evidentemente o momento de irrigar é função de outros parâmetros relacionados na equação 3, que variam de local para local de instalação e até da maneira como é instalado o tensiômetro.

Deve haver um cuidado na instalação do aparelho pois para que um tensiômetro funcione direito a capsula tem de ficar em contato direto com o solo que a envolve. Tem que haver continuidade solo-capsula.

Requerimento de água pelas plantas e controle de irrigação.

CEBOLA (*Allium cepa*) - Em geral 100% de absorção de água ocorre nos primeiros 25 a 30cm de profundidade (Oxissolos e Vertissolos). Sob condições de uma evapotranspiração de 5 a 6 mm/dia a taxa absorção de água começa a reduzir quando cerca de 25 por cento de água disponível no solo tem se esgotado. Irrigação excessiva algumas vezes causa disseminação de doenças tais como míldio e podridão branca. Quinze e vinte e cinco dias antes da colheita deve-se suspender as irrigações.

Na região do Submédio São Francisco predomina o método de irrigação por sulcos.

MELÃO (*C. melo*) e **MELANCIA** (*C. vulgaris*) - Nas condições do Submédio São Francisco o melão é preferencialmente irrigado por sulcos, apesar de já comprovada a eficiência e o aumento de produtividade quando se usa gotejamento (Olitta et al. s.d.). Segundo Araújo & Simões (1971) o rendimento relativo do melão decresce de 100% para 95% quando o potencial de água no solo passa de - 0,2 bar até - 2,0 bar.

O nível de água no solo a 0,7 bar e com um emissor para quatro plantas, apresentou melhor resultado em termos de produtividade e de qualidade do fruto.

Segundo Semek, citado por Simão (1956) a composição da melancia é a seguinte: água 89,5% e substância seca 10,5%.

A necessidade de água na cultura depende do estado de desenvolvimento da planta e desse modo o ciclo vegetativo é dividido em quatro etapas:

1. De sementeira até o início do desenvolvimento das ramificações laterais;
2. Do início das ramificações até a frutificação;
3. De frutificação até o início da maturação e
4. Do início da maturação até a colheita.

Neste 4º período, a exigência de água ou de umidade é insignificante, servindo unicamente para que a planta continue vegetando até a colheita. Um excesso de água neste caso é prejudicial porque:

- a) Não podendo mais dilatar-se a casca, o excesso de água que se acumula na polpa causa o fendilhamento do fruto;
- b) Torna os frutos insípidos (aguados);
- c) Favorece novo brotamento dos ramos, em detrimento da qualidade dos frutos, os quais sofrem transformações na percentagem de açúcares e no enriquecimento da polpa.

Indistintamente a melancia em nossa região é irrigada por sulcos de infiltração e por aspersão inclusive com o uso de pivot central.

TOMATE - As necessidades de água da cultura variam de acordo com a idade das plantas, sendo que o período de maior exigência hídrica é aquele que vai do início da floração a maturação dos primeiros frutos. Coincidentemente este é o período crítico do tomate industrial em relação a água. A redução do rendimento dos frutos em mais de 50% pode ocorrer devido a déficits de água neste estágio de desenvolvimento das plantas.

No sistema de semeadura direta é necessário manter a superfície do solo sempre umedecida para evitar a formação de crosta que dificulta a emergência das plântulas, principalmente em ocasiões de temperaturas altas e de ventos fortes.

4. CONTROLE DE IRRIGAÇÃO

O controle da irrigação será facilitado utilizando-se a ficha descrita na Tabela 1. O exemplo dado se refere as culturas de tomateiro rasteiro, nas condições de clima e do solo da Fazenda FRUTIVALE, localizada no projeto Tourão, município de Juazeiro-BA.